

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004年8月26日 (26.08.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/073057 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 21/324, 27/12
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016441
- (22) 国際出願日: 2003年12月19日 (19.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-37523 2003年2月14日 (14.02.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱住友シリコン株式会社 (SUMITOMO MITSUBISHI SILICON CORPORATION) [JP/JP]; 〒105-8634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 梅野 繁

(UMENO, Shigeru) [JP/JP]; 〒105-8634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内 Tokyo (JP). 宝来 正隆 (HOURAI, Masataka) [JP/JP]; 〒105-8634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内 Tokyo (JP). 佐野 正和 (SANO, Masakazu) [JP/JP]; 〒105-8634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内 Tokyo (JP). 三木 新一郎 (MIKI, Shinichiro) [JP/JP]; 〒105-8634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 安倍 逸郎 (ABE, Itsurou); 〒802-0002 福岡県北九州市小倉北区京町三丁目14番8号 ジブラルタ生命小倉京町ビル80A室 Fukuoka (JP).

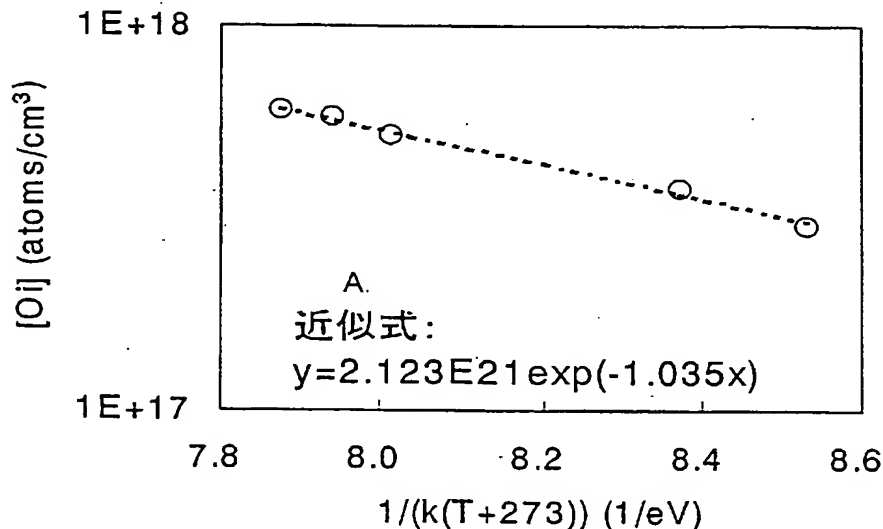
(81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING SILICON WAFER

(54) 発明の名称: シリコンウェーハの製造方法



A...APPROXIMATE EXPRESSION:

(57) Abstract: A buried oxide film is formed in an active layer-side silicon wafer by conducting a heat treatment in an oxidizing atmosphere. An SOI wafer is manufactured by bonding the active layer-side silicon wafer to a support-side wafer through this buried oxide film. When the temperature is represented by  $T$  (°C) and the interstitial oxygen concentration in the active layer-side silicon wafer is represented by  $[O_i]$  (atoms/cm<sup>3</sup>), the oxidizing heat treatment satisfies the following expression:  $[O_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$

[続葉有]

WO 2004/073057 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 活性層側シリコンウェーハに酸化性雰囲気中で熱処理を施して埋め込み酸化膜を形成する。この埋め込み酸化膜を介して支持側ウェーハに貼り合わせてSOIウェーハを製造する。上記酸化熱処理が、温度を $T$  (°C)とし、活性層側シリコンウェーハの格子間酸素濃度を $[O_i]$  (atoms/cm<sup>3</sup>)としたとき、次式を満たす。  
 $[O_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$

## 明 細 書

## シリコンウェーハの製造方法

## 5 技術分野

この発明はシリコンウェーハの製造方法、詳しくはCOPを低減するシリコンウェーハの製造方法およびこのシリコンウェーハを用いたSOIウェーハの製造方法に関する。

## 10 背景技術

一般的に、チョクラルスキー法（CZ法）で育成されたシリコン単結晶には、育成直後（as-grown）の状態においても、 $0.1\mu\text{m} \sim 0.3\mu\text{m}$ 程度の大きさの欠陥が $1 \times 10^5$ 個/ $\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^7$ 個/ $\text{cm}^3$ 程度の密度で存在している。この欠陥は、シリコン単結晶の冷却過程で過剰な空孔が凝集して生成した微小な空洞である。そして、このシリコン単結晶からスライスされたシリコンウェーハを研磨すると、シリコンウェーハの表面に微小空洞が露出してピットとなる。このピットおよび表面近傍に存在する空洞は、微細なデバイスの構造の障害となる。これらの欠陥は、COP（Crystal Originated Particle）とよばれている。

シリコンウェーハ内のCOPを低減する方法としては、例えば、日本国特開平9-22993号公報に記載の通り、シリコンウェーハに対して水素などの還元性雰囲気またはアルゴンなどの不活性雰囲気中で熱処理を施す方法が知られている。

25 または、日本国特許第3085184号公報に記載の通り、エピタキシャルウェーハをSOIウェーハの活性層側シリコンウェーハに使用する

る方法が知られている。

さらに、日本国特開平 8 - 3 3 0 3 1 6 号公報に記載の通り、シリコン単結晶の育成時に、その育成速度  $V$  と、シリコン単結晶の成長方向の単結晶内の温度勾配  $G$  との比  $V/G$  を制御して、COP を含まないシリコン単結晶を育成する方法が知られている。

水素またはアルゴン雰囲気中で熱処理を施す方法では、シリコンウェーハの表面から数  $\mu\text{m}$  未満の深さ位置に存在する COP を消滅させることができる。しかし、この方法では、シリコンウェーハの表面から数  $\mu\text{m}$  以上の深さ位置に存在する COP を消滅させることはできなかった。

10 また、エピタキシャルウェーハを活性層側シリコンウェーハに使用する方法では、エピタキシャルウェーハには COP は存在しないため COP を含まない活性層を有する SOI ウェーハの製造が可能であるが、エピタキシャルウェーハにはエピタキシャルウェーハ特有の積層欠陥や転位などの欠陥が含まれているので欠陥を含まない活性層を有する SOI  
15 ウェーハを製造できる訳ではない。また、エピタキシャルウェーハは高価であるため、これを SOI ウェーハの活性層側シリコンウェーハとして用いると、SOI ウェーハの製造コストが高くなる。

さらに、 $V/G$  を制御することにより、COP を含まない領域が存在するシリコン単結晶を成長させることができる。しかし、 $V/G$  が許容  
20 範囲から高い方に外れると OSF-ring 領域（熱処理によって Oxidation induced Stacking Fault がリング状に発生する領域）や COP 領域が現れ、 $V/G$  が許容範囲から低い方に外れると転位クラスター領域が現れてしまう。 $V/G$  の許容範囲は非常に狭く、COP も、OSF-ring 領域も、転位クラスターも含まない結晶を安定的に製造す  
25 るのは容易ではない。

この発明は、シリコンウェーハ内の COP を消滅させるシリコンウェー

ーハの製造方法を提供することを目的とする。特に、シリコンウェーハの表面から数 $\mu\text{m}$ より深い深さ位置に存在するCOPを消滅させるシリコンウェーハの製造方法を提供することを目的とする。

また、この発明は、シリコンウェーハにCOPが存在しないシリコン  
5 ウェーハを製造するとともに、これを活性層側シリコンウェーハとして用いて、SOIウェーハを製造するSOIウェーハの製造方法を提供することを目的とする。

さらに、この発明は、高価なエピタキシャルウェーハや容易に製造できない無欠陥結晶を用いることなく、しかも、従来のSOI製造プロセスに新たなプロセスを追加することなく、活性層側シリコンウェーハ内のCOPを低減することのできるSOIウェーハの製造方法を提供することを目的としている。

#### 発明の開示

15 第1の発明は、シリコン単結晶からスライスされたシリコンウェーハを酸化性雰囲気中で熱処理するシリコンウェーハの製造方法において、酸化性雰囲気中で熱処理する温度を $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) とし、シリコンウェーハの格子間酸素濃度を $[\text{O}_i]$  ( $\text{atoms}/\text{cm}^3$ ) とし、温度 $T$ と格子間酸素濃度 $[\text{O}_i]$ との組み合わせが次式を満たすシリコンウェーハの製造方法である。

$$[\text{O}_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$$

ここで、格子間酸素濃度 $[\text{O}_i]$ は、FT-IR法で測定した値 (ASTM F-121, 1979年)、 $k$ はボルツマン定数 $8.617 \times 10^{-5}$  ( $\text{eV}/\text{K}$ ) である。

25 第1の発明にあっては、シリコンウェーハを酸化性雰囲気中で熱処理する。このとき、温度 $T$ と格子間酸素濃度 $[\text{O}_i]$ とは上式を満たす。こ

の結果、シリコンウェーハ内のCOPが消滅する。

シリコンウェーハをアルゴン雰囲気または水素雰囲気で熱処理すると、シリコンウェーハの表面近傍のCOPが消滅する。しかし、深い位置でのCOPは消滅しない。これに対して、上記酸化性雰囲気で熱処理すれば、シリコンウェーハ内の深い位置でのCOPが消滅する。その理由は、酸化熱処理によりシリコンウェーハの表面に生じた格子間シリコン原子がシリコンウェーハの内部に拡散し、これらが空洞であるCOPを埋めるからである。

なお、上記熱処理の雰囲気は100%酸素雰囲気である必要はなく、一部に酸素を含む雰囲気であればよい。

第2の発明は、第1の発明に係るシリコンウェーハの製造方法にあって、上記シリコン単結晶に、中性子照射によりリンがドーピングされたシリコンウェーハの製造方法である。

第2の発明に係るシリコンウェーハの製造方法では、まず、ドーパントをドーピングしないでシリコン単結晶棒を育成する。

そして、この育成されたシリコン単結晶棒に対して、中性子を照射することにより、シリコン単結晶棒にリンをドーピングする。これにより、シリコン単結晶の、特にその成長軸方向の比抵抗が均一になる。

第3の発明は、第1または第2の発明に係るシリコンウェーハの製造方法にあって、上記シリコン単結晶に、窒素が $2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 以上ドーピングされたシリコンウェーハの製造方法である。

第3の発明に係るシリコンウェーハの製造方法では、シリコン単結晶に窒素が $2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 以上ドーピングされている。これにより、*as-grown*結晶でのCOPサイズが縮小し、COPがより短い熱処理で消滅する。窒素ドーピングによりCOPサイズが小さくなるのは、結晶育成時の冷却過程において、空孔の凝集を抑制するためだと考

えられている。

また、窒素による転位のピンニング効果により高温熱処理によるスリップ転位の発生を抑えることができる。

また、窒素のドーピング量が  $2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$  未満では、上記効果を達成することができない。

窒素のドーピング方法は、既に知られているどの方法でも良い。例えば、窒化膜付きシリコンウェーハをシリコン多結晶原料とともに融解することによってドーピングすることができる。

第4の発明は、第1～第3の発明のいずれかに係るシリコンウェーハの製造方法にあって、上記シリコン単結晶に、炭素が  $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$  以上ドーピングされたシリコンウェーハの製造方法である。

第4の発明に係るシリコンウェーハの製造方法では、シリコン単結晶に炭素が  $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$  以上の密度でドーピングされている。これにより、上記窒素をドーピングした場合と同様に、シリコンウェーハの機械的強度が向上し、熱処理でのスリップ発生も抑制できる。

炭素のドーピング方法は特に限定しないが、例えば、シリコン多結晶原料とともに炭素を所定量だけ融解することによってドーピングすることができる。

第5の発明は、第1の発明～第4の発明のいずれかに係るシリコンウェーハの製造方法にあって、上記酸化性雰囲気での熱処理の後にシリコンウェーハを鏡面研磨するシリコンウェーハの製造方法である。なお、熱処理前のシリコンウェーハの表面状態は、鏡面研磨を施していない状態（エッチングされた状態）であっても良い。

シリコンウェーハを酸化性雰囲気で熱処理すると、シリコンウェーハの表面からの深さが略  $5 \mu\text{m}$  以上の深さ領域でのCOPは消滅する。一方、シリコンウェーハの表面からの深さが略  $5 \mu\text{m}$  未満の浅い領域には、

酸化性雰囲気での熱処理前と比較して  $1/10 \sim 1/100$  程度の COP が残存している。そこで、酸化性雰囲気での熱処理の後にシリコンウェーハの表面を鏡面研磨する。熱処理の後に研磨を行うので、熱処理前には鏡面研磨を行う必要はない。すなわち、熱処理の後の研磨は、表面の平坦化と表面近傍に残留する COP の除去という二つの目的のために実施する。水素やアルゴンなどの非酸化性雰囲気です熱処理したウェーハとは異なり、本発明の条件を満たす格子間酸素濃度のウェーハを酸化性雰囲気です熱処理すれば、深い位置の COP が消滅するので、熱処理後に研磨しても COP が露出してピットを形成することはないので、特に研磨量を限定する必要はない。

第 6 の発明は、第 5 の発明により製造されたシリコンウェーハを活性層側ウェーハとして用いることにより SOI ウェーハを製造する SOI ウェーハの製造方法である。

第 7 の発明は、活性層側シリコンウェーハに酸化性雰囲気です酸化熱処理を施すことにより埋め込み酸化膜を形成し、この後その埋め込み酸化膜を介して支持側ウェーハに貼り合わせて貼り合わせ SOI ウェーハを製造する SOI ウェーハの製造方法において、上記酸化熱処理が、活性層側シリコンウェーハを酸化性雰囲気です酸化熱処理する温度を  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) とし、活性層側シリコンウェーハの格子間酸素濃度を  $[\text{O}_i]$  ( $\text{atoms}/\text{cm}^3$ ) としたとき、上記熱処理温度  $T$  と活性層側シリコンウェーハの格子間酸素濃度  $[\text{O}_i]$  との組み合わせが次式を満たす SOI ウェーハの製造方法である。

$$[\text{O}_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$$

ここで、格子間酸素濃度  $[\text{O}_i]$  は、FT-IR 法で測定した値 (ASTM F-121, 1979 年)、 $k$  はボルツマン定数  $8.617 \times 10^{-5}$  ( $\text{eV}/\text{K}$ ) である。



第7の発明に係るSOIウェーハの製造方法では、活性層側シリコンウェーハに施す埋め込み酸化膜形成のための熱処理を、その熱処理温度とウェーハの格子間酸素濃度との関係が上式を満たす条件で行う。この結果、活性層側シリコンウェーハの表面に埋め込み酸化膜が形成される  
5 とともに、COPを低減することができる。このようにして作製した活性層側ウェーハを、支持側ウェーハに貼り合わせることによって、COPを低減した貼り合わせSOIウェーハを得ることができる。このとき、一般的な貼り合わせSOIウェーハの製造工程に新たな工程を付加することなく、COPを低減したSOI層を有するSOIウェーハを製造す  
10 ることができるのが、本発明の特徴である。

第8の発明は、第7の発明に係るシリコンウェーハの製造方法にあって、上記活性層側シリコンウェーハに、中性子照射によりリンがドーブされたシリコン単結晶から作製されたウェーハを用いる、SOIウェーハの製造方法である。

15 中性子照射によってリンがドーブされたシリコン単結晶からスライスされたシリコンウェーハを活性層側シリコンウェーハとして用い、これに上記酸化熱処理を行う。さらに、活性層側シリコンウェーハを、埋め込み酸化膜を介して支持側ウェーハと貼り合わせる。その結果、COPを低減したSOI層を有するSOIウェーハを作製することができる。  
20 このとき、同一の単結晶からスライスした活性層側シリコンウェーハの比抵抗のばらつきは極めて小さく、比抵抗が均一化されたSOIウェーハを作製することができる。

第9の発明は、第7または第8の発明に係るシリコンウェーハの製造方法にあって、窒素が $2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 以上ドーブされた  
25 シリコン単結晶を用いて上記活性層側シリコンウェーハを作製するSOIウェーハの製造方法である。

活性層側シリコンウェーハの機械的強度が、窒素ノンドープシリコンウェーハと比較して高まり、熱処理でのスリップ発生を抑止することができる。さらには、COPサイズも縮小でき、酸化性熱処理においてCOPがより短い時間で消滅する。

- 5 第10の発明は、第7～第9の発明のいずれかに係るSOIウェーハの製造方法において、炭素が $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上の濃度でドープされたシリコン単結晶を用いて上記活性層側シリコンウェーハを作製するSOIウェーハの製造方法である。

炭素ドープにより、非ドープ品と比較して、ウェーハの機械的強度が  
10 改善され、スリップ発生が抑止される。

第11の発明は、活性層側シリコンウェーハを絶縁膜を介して支持側ウェーハに貼り合わせた後に酸化性雰囲気中で貼り合わせ強化熱処理を施して貼り合わせSOIウェーハを製造するSOIウェーハの製造方法であって、上記貼り合わせ強化熱処理が、酸化性雰囲気中で貼り合わせ強化  
15 熱処理する温度を $T$  (°C) とし、活性層側シリコンウェーハの格子間酸素濃度を $[O_i]$  ( $\text{atoms/cm}^3$ ) とし、温度 $T$ と格子間酸素濃度 $[O_i]$ との組み合わせが次式を満たすSOIウェーハの製造方法である。

$$[O_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$$

20 ここで、格子間酸素濃度 $[O_i]$ は、FT-IR法で測定した値 (ASTM F-121, 1979年)、 $k$ はボルツマン定数 $8.617 \times 10^{-5}$  (eV/K) である。

第11の発明に係るSOIウェーハの製造方法にあっては、活性層側シリコンウェーハと支持側ウェーハとを貼り合わせた後、上記温度、酸素濃度条件を満たす酸化性雰囲気中で貼り合わせ強化熱処理を施す。これ  
25 により、一般的な貼り合わせSOIウェーハの製造工程に新たな工程を

付加することなく、活性層（S O I 層）のC O Pを低減したS O I ウェーハを製造することができる。

第12の発明は、第11の発明に係るS O I ウェーハの製造方法において、中性子照射によりリンがドーパされたシリコン単結晶から上記活性層側シリコンウェーハを用いて作製するS O I ウェーハの製造方法である。

中性子照射によるリンドーパによりそのシリコン単結晶棒は結晶成長軸方向においてもそのドーパント濃度、則ち比抵抗が均一となる。よって、同一単結晶棒より作製したシリコンウェーハは均一の比抵抗を示す。

10 第13の発明は、第11または第12の発明に係るS O I ウェーハの製造方法において、窒素が $2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 以上ドーパされたシリコン単結晶から上記活性層側シリコンウェーハを作製するS O I ウェーハの製造方法である。

15 この窒素ドーパにより活性層側シリコンウェーハの機械的強度が増し、スリップの発生が抑止され、さらに、C O Pが短時間で消滅するようになる。

第14の発明は、第11～第13の発明のいずれかに係るS O I ウェーハの製造方法において、炭素が $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上ドーパされたシリコン単結晶から上記活性層側シリコンウェーハを作製するS O I ウェーハの製造方法である。

炭素が所定濃度にドーパされることで、活性層側シリコンウェーハの機械的強度が向上し、スリップ発生を低減できる。

25 第15の発明は、酸化性雰囲気中で酸化熱処理する温度をT(℃)とし、シリコンウェーハの格子間酸素濃度を $[O_i] (\text{atoms/cm}^3)$ としたとき、熱処理温度Tとウェーハの格子間酸素濃度 $[O_i]$ との組み合わせが次式を満たす酸化熱処理を施した後、酸化膜を除去し鏡面研磨

を行って活性層側シリコンウェーハを作製し、この活性層側シリコンウェーハに酸化膜を形成して、この酸化膜を介してイオン注入し、この活性層側シリコンウェーハにイオン注入層を形成し、次いで、この活性層側シリコンウェーハを上記酸化膜を介して支持側ウェーハに貼り合わせて貼り合わせウェーハを形成し、この後、この貼り合わせウェーハを所定温度に保持して熱処理することにより、上記イオン注入層を境界として活性層側シリコンウェーハの一部を剥離してSOIウェーハを製造するSOIウェーハの製造方法である。

$$[O_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$$

ここで、格子間酸素濃度  $[O_i]$  は、FT-IR法で測定した値 (ASTM F-121, 1979年)、 $k$  はボルツマン定数  $8.617 \times 10^{-5}$  (eV/K) である。

第15の発明に係るSOIウェーハの製造方法にあつては、上記条件を満たす酸化熱処理を施した後、酸化膜を除去して鏡面研磨を行ってCOPフリーウェーハを作製する。このCOPフリーウェーハ作製では、熱処理の後に研磨を行うので、熱処理前には鏡面研磨を行う必要は無い。すなわち、熱処理の後の研磨は、表面の平坦化と表面近傍に残留するCOPの除去という二つの目的のために実施する。このようにして作製したシリコンウェーハを活性側シリコンウェーハとして用いて、一般的なスマートカット法によりSOIウェーハを製造する。つまり、活性層側シリコンウェーハに対して酸化膜を形成し、この酸化膜を介してイオン注入する。さらに、酸化膜を介して支持側ウェーハに貼り合わせ、剥離熱処理によりイオン注入層を境界として活性層側シリコンウェーハの一部を剥離することにより、SOIウェーハを作製する。これにより、SOI層にCOPを含まないSOIウェーハを製造することができる。

第16の発明は、第15の発明に係るSOIウェーハの製造方法にお

いて、剥離した活性層側シリコンウェーハ（ドナーウェーハ）の表面を鏡面研磨し、新たなＳＯＩウェーハの活性層を形成する基板として繰り返し使用することを特徴とするＳＯＩウェーハの製造方法である。

第１７の発明は、第１５または第１６の発明に係るＳＯＩウェーハの製造方法において、中性子照射によりリンがドーピングされたシリコン単結晶から上記活性層側シリコンウェーハを作製するＳＯＩウェーハの製造方法である。

中性子照射によるリンドーピングにより単一のシリコン単結晶棒は結晶成長軸方向において均一な比抵抗を得ることができる。

第１８の発明は、第１５～第１７の発明のいずれかに係るＳＯＩウェーハの製造方法において、窒素が $2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 以上ドーピングされたシリコン単結晶から上記活性層側シリコンウェーハを作製するＳＯＩウェーハの製造方法である。

窒素ドーピングによって、機械的強度が増し、スリップの発生が抑止され、さらに、ＣＯＰが短時間で消滅するようになる。

第１９の発明は、第１５～第１８の発明のいずれかに係るＳＯＩウェーハの製造方法において、炭素が $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上ドーピングされたシリコン単結晶から上記活性層側シリコンウェーハを作製するＳＯＩウェーハの製造方法である。

炭素が所定濃度にドーピングされることで、活性層側シリコンウェーハの機械的強度が向上し、スリップ発生を低減できる。

以上のように本願の発明によれば、アルゴンや水素雰囲気中でシリコンウェーハを熱処理したとき、そのシリコンウェーハ内のＣＯＰが消滅する領域よりもさらに深い位置のＣＯＰを消滅させることができる。

また、活性層側シリコンウェーハに高価なエピタキシャルウェーハを用いることなく、ＳＯＩウェーハの製造コストを低減することができる。

さらに、活性層側シリコンウェーハ内のCOPを消滅させるために特別な工程を必要とすることなくSOIウェーハを製造することができる。

#### 図面の簡単な説明

- 5 第1図は、この発明に係る酸化熱処理によってCOPを消滅させるための条件を調査した結果であり、破線よりも下側の領域でCOPが消滅することを示している。

#### 発明を実施するための最良の形態

- 10 最初に、この発明に係る酸化熱処理でCOPが消滅する境界条件を見出すために行った実験を説明する。

まず、格子間酸素濃度が異なるシリコンウェーハを複数枚準備した。これらのシリコンウェーハを、酸素雰囲気、窒素雰囲気、水素雰囲気またはアルゴン雰囲気において、それぞれ温度を変更して熱処理を施した。

- 15 そして、各シリコンウェーハの表面から300 $\mu$ mの深さ位置について、COPの有無をそれぞれ調査した。酸素濃度は、FT-IR法（換算係数：ASTM F-121，1979年）で測定した。また、COPの有無の確認は、赤外明視野干渉法での測定結果に基づいて行った。赤外明視野干渉法によるシリコンウェーハ内部の欠陥評価には、アクセント  
20 オプティカルテクノロジーズ社製のOPP（Optical Precipitate Profiler）を用いた。なお、OPPでの欠陥評価は、シリコンウェーハの表裏面の凹凸の影響を避けるために、表裏面を鏡面研磨したサンプル用シリコンウェーハを用いて、検出下限サイズを略30nmとして行った。そして、欠陥密度が $1.1 \times 10^4$ 個/  
25  $\text{cm}^3$ 以下になった場合に、COPが消滅したと判定した。

調査結果を以下の表1に示す。なお、表1は各酸素濃度のウェーハで

COPが消滅した臨界温度（最も低い温度）を示す。

【表 1】

[Oi] (atoms/cm <sup>3</sup> )	温度 T(℃)	1/(k(T+273)) (1/eV)
3.020E+17	1087	8.533
3.766E+17	1113	8.373
5.191E+17	1175	8.014
5.816E+17	1188	7.943
6.005E+17	1200	7.878

表 1 の結果は、酸素雰囲気熱処理を行った場合の結果である。窒素、  
5 水素、アルゴンの各雰囲気中では、深さ 300 μm の COP は消滅しな  
かった。

表 1 の結果により、シリコンウェーハの酸素濃度が低ければ、低温で  
COP が消滅することがわかる。この関係を図 1 に示すように、アレニ  
ウスプロットすると、シリコンウェーハ内の COP を酸化雰囲気熱処理  
10 によって消滅させる条件は次の式で示される。

$$[O_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$$

..... (1)

ここで、格子間酸素濃度 [O<sub>i</sub>] は、FT-IR 法で測定した値 (A  
STM F-121, 1979 年)、k はボルツマン定数  $8.617 \times 10^{-5}$  (eV/K) である。  
15

では、これから本発明の具体的な実施例を示すが、本発明の請求範囲  
は下記実施例に限定されるものではない。

実施例におけるウェーハ内部の COP 評価には、COP 消滅条件を見  
出すための実験と同様に、アクセントオプティカルテクノロジーズ社製  
20 の OPP (検出サイズ 30 nm) を用いた。実施例におけるウェーハ表  
面の欠陥評価は、光散乱法で行った。具体的には、KLA テンコール社  
製の Surfscan 6220 (検出下限サイズ 0.105 μm) また

は Surfscan SP1 (検出下限サイズ  $0.085 \mu\text{m}$ ) を用いた。

格子間酸素濃度の異なるシリコンウェーハの酸化性雰囲気での熱処理について説明する。

- 5 格子間酸素濃度が  $4.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  の 6 インチ鏡面ウェーハに、 $1150^\circ\text{C}$  で 2 時間の酸素雰囲気熱処理を行った後、酸化膜を除去してサンプル A を作製した。なお、熱処理の温度  $T$  が  $1150^\circ\text{C}$  のとき、式 (1) の関係を満たす格子間酸素濃度は  $4.55 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  以下である。よってサンプル A は、式 (1) を満たす
- 10 熱処理を受けたウェーハである。

また、格子間酸素濃度が  $5.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  のウェーハにも同様の処理を行って、サンプル B を作製した。このサンプル B は、式 (1) の関係を満足していない。

- そして、サンプル A と B の深さ  $300 \mu\text{m}$  の位置の欠陥密度を OPP
- 15 で測定した結果、サンプル A では欠陥は検出されず欠陥密度は  $1.1 \times 10^4 \text{ 個/cm}^3$  以下、サンプル B では約  $4.4 \times 10^6 \text{ 個/cm}^3$  の欠陥が検出された。式 (1) の関係を満たす熱処理を行うことによって、従来の水素またはアルゴン中での熱処理では得られなかった、深い位置でも欠陥密度が極めて低いシリコンウェーハを作製できた。

- 20 次に、シリコン単結晶に中性子照射によってリンをドーピングした場合について説明する。

- ドーパントをドーピングせずに CZ 法で育成した格子間酸素濃度が  $4.5 \sim 6.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  の 8 インチシリコン単結晶から長さ  $400 \text{ mm}$  のインゴットを切り出し、中性子照射を行ってリンをドー
- 25 プし、比抵抗が約  $50 \Omega \cdot \text{cm}$  のインゴットを作製した。中性子照射前後の比抵抗 (単位:  $\Omega \cdot \text{cm}$ ) を表 2 に示す。数値の前の p、n は、そ



れぞれ、p型、n型の意味である。表2の結果により、中性子照射によりリンがドーピングされると、シリコンインゴット内の各位置での比抵抗値は均一となることがわかる。

【表2】

	インゴットの上端			インゴットの下端		
	結晶中心	中心から 50mm	中心から 90mm	結晶中心	中心から 50mm	中心から 90mm
中性子照射前	p-7869	p-7791	p-7771	p-7347	p-6840	p-7423
中性子照射後	n-4.73	n-4.89	n-4.85	n-4.94	n-5.00	n-4.95

- 5 次に、このインゴットから、酸素濃度が  $5.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  のウェーハを切り出して鏡面研磨を行った後に、 $1200^\circ\text{C}$  で2時間の酸素雰囲気熱処理を行った。熱処理の温度が  $1200^\circ\text{C}$  のとき、式(1)の関係を満たす格子間酸素濃度は  $6.06 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  以下である。よって、上記酸素濃度は、式(1)を満たしている。そして、シリコンウェーハの表面から深さ  $300 \mu\text{m}$  位置でのCOP密度をOPPで測定した。すると、COPは検出されず、このときのCOP密度は  $1.1 \times 10^4 \text{ 個/cm}^3$  以下であることが確認された。

- 10 また、OPPで評価したのと同じ水準のサンプルをSP1で測定したところ表面の欠陥数は、180個であった。ちなみに、酸素雰囲気熱処理前の欠陥数は約2560個であったので、 $1/10$  以下に減少していることが分かった。このウェーハの表面を約  $5 \mu\text{m}$  再研磨した後に、再

びSP1で表面の欠陥を測定したところ、欠陥は検出されなかった。このことは、欠陥は、表面近傍5  $\mu\text{m}$ 以内の浅い領域だけに残留していることを意味している。表面近傍のCOPが残留するのは、酸化熱処理時に雰囲気中の酸素がウェーハに内方拡散することによって、表面近傍の酸素濃度が式(1)の関係を満たさなくなるためである。そこで、次の実験を行った。

上記インゴットから、酸素濃度が $5.2 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ のウェーハを切り出して加工ひずみを除去するためにエッチングを行い、鏡面研磨を行う前の状態で1200℃で2時間の酸素雰囲気熱処理を行った。その後、酸化膜を除去して約10  $\mu\text{m}$ 鏡面研磨を行った。このようにして作製したウェーハの表面を、SP1で測定したところ欠陥は検出されなかった。このことは、酸化雰囲気熱処理を行った後に鏡面研磨を行う場合には、酸化雰囲気熱処理の前に鏡面研磨を行う必要はないことを意味している。つまり、酸化雰囲気熱処理後の鏡面研磨加工は、欠陥残留層の除去と表面の平坦化という二つの機能を兼ねることができるのである。

次に、シリコン単結晶に窒素をドーピングした場合について説明する。

まず、窒素をドーピングしたウェーハでの実施例を示す。格子間酸素濃度が $5.6 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が $2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ の6インチウェーハに、1200℃で0.5時間の酸化雰囲気熱処理を行ってサンプルCを作製した。

また、格子間酸素濃度が $5.1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ で窒素をドーピングしていないウェーハにも同様の処理を行って、サンプルDを作製した。

さらに、サンプルDと同じ結晶から切り出したウェーハに、熱処理条件を1200℃で1時間とした以外はサンプルDと同様の処理を行って

サンプルEを作製した。

これらの3サンプルの欠陥密度をOPPで評価した。その結果、サンプルCとEでは欠陥が検出されず、欠陥密度は $1.1 \times 10^4$ 個/cm<sup>3</sup>以下であった。しかし、サンプルDでは、 $2.2 \times 10^5$ 個/cm<sup>3</sup>の欠陥が観察された。また、X線トポグラフでスリップ転位の発生状況を観察したところ、サンプルDとEでは長さ1cm程度のスリップ転位が観察されたが、窒素をドーピングしたサンプルCではスリップ転位は観察されなかった。

窒素をドーピングしたことによって、COPが消滅するのに要する時間が短縮され、更に、ウェーハの機械的強度が向上してスリップ転位の発生が防止できた。しかし、窒素濃度が $2 \times 10^{13}$  atoms/cm<sup>3</sup>未満の場合には、これら二つの効果は認められなかった。

次に、シリコン単結晶に炭素をドーピングした場合について説明する。

まず、格子間酸素濃度が $4.1 \times 10^{17}$  atoms/cm<sup>3</sup>、炭素濃度が $5 \times 10^{16}$  atoms/cm<sup>3</sup>の6インチウェーハに、1150℃で2時間の酸化雰囲気熱処理を行ってサンプルFを作製した。格子間酸素濃度が $3.9 \times 10^{17}$  atoms/cm<sup>3</sup>で炭素をドーピングしていないウェーハにも同様の処理を行って、サンプルGを作製した。

OPPで欠陥評価を行った結果、サンプルFとGともに欠陥は検出されず、欠陥密度は $1.1 \times 10^4$ 個/cm<sup>3</sup>以下であった。X線トポグラフでスリップ転位の発生状況を観察したところ、サンプルGでは長さ約4mmのスリップ転位が観察されたが、炭素をドーピングしたサンプルFではスリップ転位は観察されなかった。

炭素をドーピングしたことによって、ウェーハの機械的強度が向上してスリップ転位の発生が防止できた。しかし、炭素濃度が $5.0 \times 10^{16}$  atoms/cm<sup>3</sup>未満の場合には、この効果は認められなかった。

次に、S O I ウェーハの埋め込み酸化膜形成時のC O P 消滅について説明する。

まず、格子間酸素濃度が  $4.9 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が  $7 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$  の6インチシリコン単結晶から切り出し、鏡面研磨したウェーハを活性層側ウェーハとして用い、埋め込み酸化膜形成熱処理を  $1175^\circ\text{C}$  で2時間行った。支持側ウェーハとの貼り合わせ熱処理を  $1150^\circ\text{C}$  で2時間行い、活性層が厚さ  $10 \mu\text{m}$  になるまで研磨して、S O I ウェーハを作製した。

なお、温度が  $1175^\circ\text{C}$  のとき、式(1)の関係を満たす格子間酸素濃度は、  $5.26 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  以下である。よって、埋め込み酸化膜形成時の温度と上記酸素濃度は式(1)を満たしている。

上記製造方法により製造された貼り合わせS O I ウェーハ活性層の表面をSurfscan 6220で評価したところ、欠陥は検出されなかった。活性層側ウェーハの格子間酸素濃度と埋め込み酸化膜形成熱処理の温度が式(1)の関係を満たすことによって、従来の貼り合わせS O I ウェーハ製造工程に新たな工程を追加することなくC O P を含まない高品質のS O I ウェーハを作製できた。

次に、貼り合わせS O I ウェーハでの貼り合わせ強化熱処理時のC O P 消滅について説明する。

まず、支持側ウェーハに、埋め込み酸化膜形成熱処理 ( $1050^\circ\text{C}$  で4時間) を行った。次に、格子間酸素濃度が  $3.7 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が  $8 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$  の鏡面研磨済み6インチウェーハを活性層側ウェーハとして、上記の酸化膜付き支持側ウェーハとの貼り合わせ熱処理を、  $1150^\circ\text{C}$  で2時間行い、活性層が厚さ  $10 \mu\text{m}$  になるまで研磨して、S O I ウェーハを作製した。この貼り合わせ強化熱処理の温度  $1150^\circ\text{C}$  と上記格子間酸素濃度との関係は式

(1) を満たしている。

上記製造方法により製造された貼り合わせSOIウェーハの活性層の表面をSurfscan 6220で評価したところ、欠陥は検出されなかった。活性層側ウェーハの格子間酸素濃度と貼り合わせ熱処理の温度が式(1)の関係を満たすことによって、従来の貼り合わせSOIウェーハ製造工程に新たな工程を追加することなくCOPを含まない高品質のSOIウェーハを作製できた。

次に、活性層が薄いSOIウェーハについて説明する。

まず、格子間酸素濃度が $3.8 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が $9 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ の6インチシリコン単結晶から切り出して加工ひずみを除去するためにエッチングを行い、鏡面研磨を行う前の状態で $1150^\circ\text{C}$ で2時間の酸素雰囲気熱処理を行った。この熱処理温度と上記格子間酸素濃度との関係は式(1)を満たしている。その後、酸化膜を除去して約 $10 \mu\text{m}$ 鏡面研磨を行った。このウェーハを活性層側ウェーハとして、埋め込み酸化膜付きの支持側ウェーハとの貼り合わせ熱処理を、 $1150^\circ\text{C}$ で2時間行い、活性層が厚さ $1 \mu\text{m}$ になるまで研磨して、SOIウェーハを作製した。

このSOIウェーハの活性層の表面欠陥を評価したが、欠陥は検出されなかった。式(1)の条件を満たす熱処理を施した後に鏡面研磨を行ったウェーハを活性層側ウェーハとして用いることにより、活性層が薄い場合でもCOPを含まないSOIウェーハを作製できた。

最後に、スマートカット法を用いてSOIウェーハを製造する方法について説明する。

まず、格子間酸素濃度が $4.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が $8 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ の8インチシリコン単結晶から切り出して加工ひずみを除去するためにエッチングを行い、鏡面研磨を行う

前の状態で  $1150^{\circ}\text{C}$  で 2 時間の酸素雰囲気熱処理を行った。その後、酸化膜を除去して約  $10\text{ }\mu\text{m}$  鏡面研磨を行った。このウェーハを活性層側ウェーハとして、スマートカット法で薄膜 SOI ウェーハを作製した。作製条件は次の通りである。

- 5      活性層側ウェーハに約  $120\text{ nm}$  の酸化膜を形成し、このウェーハの表面に水素イオンを注入した。注入エネルギーは  $25\text{ keV}$ 、注入線量は  $8 \times 10^{16}\text{ atoms/cm}^2$  であった。支持側ウェーハと貼り合せた後に  $500^{\circ}\text{C}$ 、30 分間の熱処理を行い、微小気泡層を境界として活性側ウェーハを剥離した。次に、 $1100^{\circ}\text{C}$ 、2 時間の熱処理によって
- 10   支持側ウェーハと活性層の結合を強化した。活性層を最終的に  $100\text{ nm}$  まで薄膜化して SOI ウェーハ（サンプル H）を完成させた。なお、剥離した活性側ウェーハ（ドナーウェーハ）には、約  $5\text{ }\mu\text{m}$  の再研磨を行い、活性側ウェーハとして 5 回再利用した。5 回目に作製した SOI ウェーハをサンプル I として、サンプル H とともに欠陥評価を実施した。
- 15   活性側ウェーハに空洞である COP が存在すれば、SOI ウェーハの活性層には、貫通した孔が存在することになる。この孔は次のような方法で検出される。すなわち、まず、SOI ウェーハをフッ酸に浸漬する。この操作によって、活性層を貫通する孔が存在すれば、この孔を通してフッ酸が染み込み、埋め込み酸化膜が溶かされ、レーザーパーティクル
- 20   カウンタで容易に検出できるようになる。この方法で検出される欠陥（活性層を貫通した穴）をフッ酸欠陥と呼ぶ。本実施例では、フッ酸に 15 分間程度浸漬し、Surfscan 6220 で  $5\text{ }\mu\text{m}$  以上の LPD（Light Point Defect）をカウントした。

上記方法によって、サンプル H と I のフッ酸欠陥を評価したところ、

25   どちらでも、検出されなかった。

したがって、上記方法で作製したウェーハを活性側ウェーハとして使

用すれば、COPに起因したSOI層を貫通する孔であるフッ酸欠陥が極めて少ない薄膜SOIウェーハを作製することが可能であり、しかも、本発明の方法で作製したウェーハは、再研磨を行うことによって、活性側ウェーハとして繰り返し使用できることが確認できた。

- 5      最後に、本発明の熱処理の対象となるウェーハについて述べる。対象となるウェーハはCOPを含むウェーハである。酸化熱処理でCOPが消滅するか否かは、熱処理温度とウェーハ中の格子間酸素濃度で決まり、COPのサイズには依存しない。

- 10      従って、COPのサイズについては、特に限定する必要はない。しかし、COPサイズが大きければ消滅に要する熱処理時間が長くなるので、COPサイズは小さい方が好ましい。

具体的には、 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下であれば十分に実用的である。

本発明により作製されたシリコンウェーハは、以下に示すような従来  
の方法では得られなかった極めて優れた特長を有している。

- 15      (1) 表面からシリコンウェーハ内部の深い位置（例えば深さ $300\text{ }\mu\text{m}$ ）までCOPが消滅している。
- (2) 比抵抗の均一性が高い。
- (3) エピタキシャルウェーハ特有の積層欠陥や転位を含んでいない。
- (4) 酸素濃度が低いのでデバイス製造プロセスでの熱処理において、  
20      酸素析出物やサーマルドナーなどの比抵抗を変動させる酸素複合体の生成の可能性は極めて低い。

## 請 求 の 範 囲

1. シリコン単結晶からスライスされたシリコンウェーハを酸化性雰囲気  
気で熱処理するシリコンウェーハの製造方法において、

- 5 酸化性雰囲気で熱処理する温度を $T$  (°C) とし、シリコンウェーハの  
格子間酸素濃度を $[O_i]$  ( $\text{atoms}/\text{cm}^3$ ) とし、温度 $T$ と格子間  
酸素濃度 $[O_i]$  との組み合わせが次式を満たすシリコンウェーハの製  
造方法。

$$[O_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$$

- 10 ここで、格子間酸素濃度 $[O_i]$  は、FT-IR法で測定した値 (A  
STM F-121, 1979年)、 $k$  はボルツマン定数  $8.617 \times 10^{-5}$  (eV/K) である。

2. 上記シリコン単結晶として、中性子照射によりリンがドーブされた  
単結晶を用いる請求項1に記載のシリコンウェーハの製造方法。

- 15 3. 上記シリコン単結晶として、窒素が  $2 \times 10^{13} \text{ atoms}/\text{cm}^3$   
以上ドーブされた単結晶を用いる請求項1または請求項2に記載のシリ  
コンウェーハの製造方法。

4. 上記シリコン単結晶として、炭素が  $5 \times 10^{16} \text{ atoms}/\text{cm}^3$   
以上ドーブされた単結晶を用いる請求項1～請求項3のいずれか1項に  
20 記載のシリコンウェーハの製造方法。

5. 上記酸化性雰囲気での熱処理の後にシリコンウェーハを鏡面研磨す  
る請求項1～請求項4のいずれか1項に記載のシリコンウェーハの製造  
方法。

6. 請求項5に記載の方法により製造されたシリコンウェーハを活性層  
25 側ウェーハとして用いることによりSOIウェーハを製造するSOIウ  
ェーハの製造方法。



7. 活性層側シリコンウェーハに酸化性雰囲気で熱処理を施すことにより埋め込み酸化膜を形成し、この後その埋め込み酸化膜を介して支持側ウェーハに貼り合わせて貼り合わせSOIウェーハを製造するSOIウェーハの製造方法において、

5 上記酸化熱処理が、活性層側シリコンウェーハを酸化性雰囲気で熱処理する温度を $T$  (°C) とし、活性層側シリコンウェーハの格子間酸素濃度を $[O_i]$  (atoms/cm<sup>3</sup>) としたとき、上記熱処理温度 $T$ と活性層側シリコンウェーハの格子間酸素濃度 $[O_i]$ との組み合わせが次式を満たすSOIウェーハの製造方法。

10  $[O_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$

ここで、格子間酸素濃度 $[O_i]$ は、FT-IR法で測定した値 (ASTM F-121, 1979年)、 $k$ はボルツマン定数 $8.617 \times 10^{-5}$  (eV/K) である。

15 8. 上記活性層側シリコンウェーハが、中性子照射によりリンがドーピングされたシリコン単結晶を用いて作製される、請求項7に記載のSOIウェーハの製造方法。

9. 上記活性層側シリコンウェーハが、窒素が $2 \times 10^{13}$  atoms/cm<sup>3</sup>以上ドーピングされたシリコン単結晶を用いて作製される、請求項7または請求項8に記載のSOIウェーハの製造方法。

20 10. 上記活性層側シリコンウェーハが、炭素が $5 \times 10^{16}$  atoms/cm<sup>3</sup>以上ドーピングされたシリコン単結晶を用いて作製される、請求項7～請求項9のいずれか1項に記載のSOIウェーハの製造方法。

11. 活性層側シリコンウェーハを埋め込み酸化膜を介して支持側ウェーハに貼り合わせた後に酸化性雰囲気で貼り合わせ強化熱処理を施して  
25 貼り合わせSOIウェーハを製造するSOIウェーハの製造方法であって、

上記貼り合わせ強化熱処理が、酸化性雰囲気中で貼り合わせ強化熱処理する温度を $T$  (°C) とし、活性層側シリコンウェーハの格子間酸素濃度を $[O_i]$  (atoms/cm<sup>3</sup>) とし、温度 $T$ と格子間酸素濃度 $[O_i]$ との組み合わせが次式を満たすSOIウェーハの製造方法。

5  $[O_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$

ここで、格子間酸素濃度 $[O_i]$ は、FT-IR法で測定した値 (ASTM F-121, 1979年)、 $k$ はボルツマン定数 $8.617 \times 10^{-5}$  (eV/K) である。

12. 上記活性層側シリコンウェーハが、中性子照射によりリンがドー  
10 プされたシリコン単結晶を用いて作製される、請求項11に記載のSOIウェーハの製造方法。

13. 上記活性層側シリコンウェーハが、窒素が $2 \times 10^{13}$  atoms/cm<sup>3</sup>以上ドー  
プされたシリコン単結晶を用いて作製される、請求項11または請求項12に記載のSOIウェーハの製造方法。

15 14. 上記活性層側シリコンウェーハが、炭素が $5 \times 10^{16}$  atoms/cm<sup>3</sup>以上ドー  
プされたシリコン単結晶を用いて作製される、請求項11～請求項13のいずれか1項に記載のSOIウェーハの製造方法。

15. 酸化性雰囲気中で熱処理する温度を $T$  (°C) とし、シリコンウェー  
ハの格子間酸素濃度を $[O_i]$  (atoms/cm<sup>3</sup>) としたとき、熱処  
20 理温度 $T$ とウェーハの格子間酸素濃度 $[O_i]$ との組み合わせが次式を  
満たす酸化熱処理を施した後、酸化膜を除去し鏡面研磨を行って活性層  
側シリコンウェーハを作製し、

この活性層側シリコンウェーハに酸化膜を形成して、この酸化膜を介  
してイオン注入することにより、この活性層側シリコンウェーハにイオ  
25 ン注入層を形成し、

次いで、この活性層側シリコンウェーハを上記酸化膜を介して支持側

ウェーハに貼り合わせて貼り合わせウェーハを形成し、

この後、この貼り合わせウェーハを所定温度に保持して熱処理することにより、上記イオン注入層を境界として活性層側シリコンウェーハの一部を剥離し、SOIウェーハを製造するSOIウェーハの製造方法。

5  $[O_i] \leq 2.123 \times 10^{21} \exp(-1.035/k(T+273))$

ここで、格子間酸素濃度  $[O_i]$  は、FT-IR法で測定した値 (ASTM F-121, 1979年)、 $k$  はボルツマン定数  $8.617 \times 10^{-5}$  (eV/K) である。

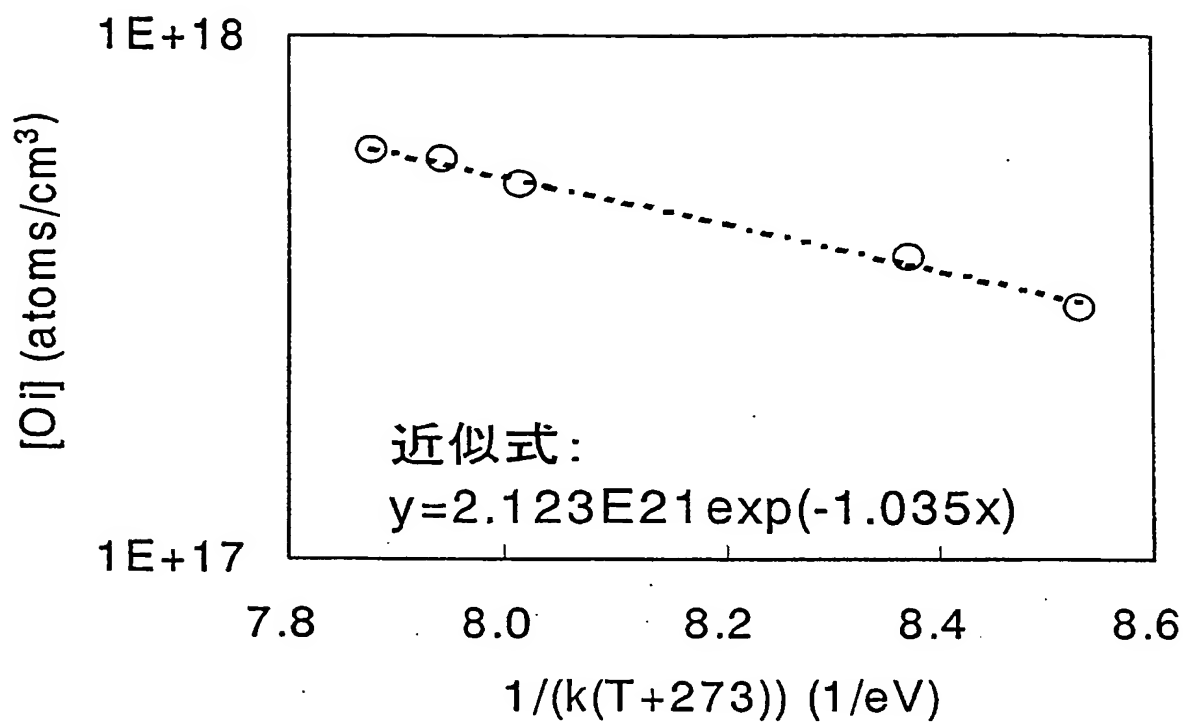
10 16. 請求項15において、剥離した活性層側ウェーハの表面を鏡面研磨し、新たなSOIウェーハの活性層を形成する基板として繰り返し使用することを特徴とするSOIウェーハの製造方法。

17. 上記活性層側シリコンウェーハが、中性子照射によりリンがドーパされたシリコン単結晶を用いて作製される、請求項15または請求項16に記載のSOIウェーハの製造方法。

15 18. 上記活性層側シリコンウェーハが、窒素が  $2 \times 10^{13}$  atoms/cm<sup>3</sup> 以上ドーパされたシリコン単結晶を用いて作製される、請求項15～請求項17のいずれか1項に記載のSOIウェーハの製造方法。

20 19. 上記活性層側シリコンウェーハが、炭素が  $5 \times 10^{16}$  atoms/cm<sup>3</sup> 以上ドーパされたシリコン単結晶を用いて作製される、請求項15～請求項18のいずれか1項に記載のSOIウェーハの製造方法。

第1図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16441

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/324, H01L27/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/324, H01L27/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	UMENO S., YANASE Y., HOURAI M., SANO, M., SHIDA Y., TSUYA H., Dependence of Grown-in Defect Behavior on Oxygen Concentration in Czochralski Silicon Crystals, Jpn.J.Appl.Phys., 15 October, 1999 (15. 10.99), Part 1, Vol.38, No.10, pages 5725 to 5730	1 2-19
X Y	Japan Institute of Invention and Innovation Journal of technical disclosure No. 98-477 (Sumitomo Sitix Corp.), 02 February, 1998 (02.02.98), Full text Full text	1, 5 2-4, 6-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
16 March, 2004 (16.03.04)

Date of mailing of the international search report  
30 March, 2004 (30.03.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16441

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 93/10557 A (Komatsu Electronic Metals Co., Ltd.), 27 May, 1993 (27.05.93), Full text; all drawings	1, 5
Y	Full text; all drawings & JP 5-144827 A Full text; all drawings	2-4, 6-19
X	EP 969505 A2 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 05 January, 2000 (05.01.00), Full text; all drawings	1, 3, 7, 9, 11, 13
Y	Full text; all drawings	2, 4, 8, 10, 12, 14
A	Full text; all drawings & JP 2000-58801 A Full text; all drawings & US 6224668 B1 & KR 2000-5790 A	5, 6, 15-19
Y	JP 2000-49063 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 18 February, 2000 (18.02.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-18
Y	JP 7-66149 A (Mitsubishi Materials Corp.), 10 March, 1995 (10.03.95), Full text; all drawings (Family: none)	2, 8, 12, 17
Y	JP 2001-274166 A (Wacker NSCE Kabushiki Kaisha), 05 October, 2001 (05.10.01), Full text; all drawings (Family: none)	3, 4, 9, 10, 13, 14
Y	JP 6-21033 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 28 January, 1994 (28.01.94), Full text; all drawings (Family: none)	5, 15
P, X	JP 2003-297840 A (Wacker Siltronic AG.), 17 October, 2003 (17.10.03), Full text; all drawings	1, 5
P, Y	Full text; all drawings (Family: none)	2-4, 6-19

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H 0 1 L 2 1 / 3 2 4, H 0 1 L 2 7 / 1 2

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H 0 1 L 2 1 / 3 2 4, H 0 1 L 2 7 / 1 2

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	UMENO S., YANASE Y., HOURAI M., SANO M., SHIDA Y., TSUYA H., Dependence of Grown-in Defect Behavior on Oxygen Concentration in Czochralski Silicon Crystals, Jpn. J. Appl. Phys., 1999. 10. 15, Part 1, Vol. 38, No. 10, pages 5725-5730	1 2-19
X Y	発明協会公開技報公技番号98-477 (住友シチックス株式会社) 1998. 02. 02, 全文 全文	1, 5 2-4, 6-19

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

1 6 . 0 3 . 2 0 0 4

## 国際調査報告の発送日

30. 3. 2004

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

## 特許庁審査官 (権限のある職員)

綿引 隆

4 M

2 9 3 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3460

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	WO 93/10557 A1 (小松電子金属株式会社) 1993. 05. 27, 全文, 全図 全文, 全図&JP 5-144827 A, 全文, 全図	1, 5 2-4, 6-19
X Y A	EP 969505 A2 (SHIN-ETSU HANDOTAI COMPANY LIMITED) 2000. 01. 05, 全文, 全図 全文, 全図 全文, 全図, &JP 2000-58801 A, 全文, 全図&US 6224668 B1&KR 2000-5790 A	1, 3, 7, 9, 11, 13 2, 4, 8, 10, 12, 14 5, 6, 15-19
Y	JP 2000-49063 A (信越半導体株式会社) 2000. 02. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-18
Y	JP 7-66149 A (三菱マテリアル株式会社) 1995. 03. 10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	2, 8, 12, 17
Y	JP 2001-274166 A (ワッカー・エヌエスシーイー株式会社) 2001. 10. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	3, 4, 9, 10, 13, 14
Y	JP 6-21033 A (信越半導体株式会社) 1994. 01. 28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	5, 15
PX PY	JP 2003-297840 A (ワッカー ジルトニック アクチエンゲゼルシャフト) 2003. 10. 17, 全文, 全図 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 5 2-4, 6-19